



**Method, computer programme and control and/or regulation device for operating an internal combustion engine, and internal combustion engine**

**Patent number:** EP1327766  
**Publication date:** 2003-07-16  
**Inventor:** REMBOLD HELMUT (DE); FRENZ THOMAS (DE);  
BUESER WOLFGANG (DE); RICHTER UWE (DE);  
HOLLMANN TIMM (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- international: F02D41/38; F02M63/00  
- european: F02D41/38C6; F02M59/36D; F02M63/02C  
**Application number:** EP20020026217 20021126  
**Priority number(s):** DE20021000987 20020114

Also published as:

 JP2003214301 (/)  
 DE10200987 (A1)

Report a data error he

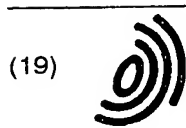
**Abstract of EP1327766**

The engine has a piston pump (18) as a fuel pump with at least one transport chamber (38). The method involves using number of engine operating ranges and separating the transport chamber from a low pressure region (16) with a valve (44) for a defined period every defined number of transport strokes in a first operating range and at different intervals in a different operating range. Independent claims are also included for the following: a computer program and a control and/or regulation device for operating an internal combustion engine.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide





Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 327 766 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
16.07.2003 Patentblatt 2003/29

(51) Int Cl.7: F02D 41/38, F02M 63/00

(21) Anmeldenummer: 02026217.6

(22) Anmeldetag: 26.11.2002

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 14.01.2002 DE 10200987

(71) Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH  
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:  
• Rembold, Helmut  
70435 Stuttgart (DE)  
• Frenz, Thomas  
86720 Noerdlingen (DE)  
• Bueser, Wolfgang  
71691 Freiberg (DE)  
• Richter, Uwe  
71701 Schwieberdingen (DE)  
• Hollmann, Timm  
71636 Ludwigsburg (DE)

(54) Verfahren, Computerprogramm und Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, sowie Brennkraftmaschine

(57) Bei einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine wird eine Kraftstoffpumpe von einer Abtriebswelle der Brennkraftmaschine angetrieben. Die Kraftstoffpumpe fördert den Kraftstoff in eine Kraftstoff-Sammelleitung, von der er über mindestens eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in mindestens einen Brennraum gelangt. Die Menge des von der Kraftstoffpumpe in die Kraftstoff-Sammelleitung geförderten Kraftstoffs wird durch eine Ventileinrichtung eingestellt, welche eine Druckseite der Kraftstoffpumpe wenigstens zeitweise mit einem Niederdruckbereich verbinden und von diesem trennen kann. Um auch bei hohen Drehzahlen kleinste Mengen von der Kraftstoffpumpe fördern zu

können, wird vorgeschlagen, dass als Kraftstoffpumpe eine Kolbenpumpe mit mindestens einem Förderraum verwendet wird, dass eine Mehrzahl von Betriebsbereichen 1, ..., n der Brennkraftmaschine vorgesehen ist und dass wenigstens zeitweise in einem ersten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine der Förderraum während jedes c1-ten Förderhubs und in einem n-ten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine während jedes cn-ten Förderhubs durch die Ventileinrichtung für eine bestimmte Dauer vom Niederdruckbereich getrennt wird, wobei gilt: c1, ..., cn sind unterschiedlich.

EP 1 327 766 A2



## Beschreibung

### Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem eine Kraftstoffpumpe von einer Abtriebswelle der Brennkraftmaschine angetrieben und der Kraftstoff von der Kraftstoffpumpe in eine Kraftstoff-Sammelleitung gefördert wird, von der er über mindestens eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in mindestens einen Brennraum gelangt, und bei dem die Menge des von der Kraftstoffpumpe in die Kraftstoff-Sammelleitung geförderten Kraftstoffs durch eine Ventileinrichtung eingestellt wird, welche eine Druckseite der Kraftstoffpumpe wenigstens zeitweise mit einem Niederdruckbereich verbinden und von diesem trennen kann.

[0002] Ein derartiges Verfahren ist aus der DE 195 39 885 A1 bekannt. In dieser ist eine Kraftstoffversorgungsanlage für eine Brennkraftmaschine mit Benzin-Direkteinspritzung beschrieben. Eine erste, elektrisch angetriebene Kraftstoffpumpe fördert den Kraftstoff aus einem Kraftstoff-Vorratsbehälter über eine Kraftstoffverbindung zu einer zweiten, von der Brennkraftmaschine mechanisch angetriebenen Kraftstoffpumpe. Die zweite Kraftstoffpumpe ihrerseits fördert den Kraftstoff über eine Kraftstoff-Sammelleitung ("Rail") zu mehreren Kraftstoff-Einspritzventilen. Die Anzahl der Kraftstoff-Einspritzventile ist gleich der Anzahl der Zylinder der Brennkraftmaschine. Die Kraftstoffversorgungsanlage ist so gebaut, dass die Kraftstoff-Einspritzventile den Kraftstoff direkt in die Brennräume der Brennkraftmaschine einspritzen.

[0003] Da die zweite Kraftstoffpumpe mechanisch mit einer Abtriebswelle der Brennkraftmaschine gekoppelt ist, arbeitet die zweite Kraftstoffpumpe proportional zur Drehzahl der Abtriebswelle der Brennkraftmaschine. Diese Drehzahl der Abtriebswelle kann, je nach augenblicklicher Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine, sehr unterschiedlich sein. Bei der Abtriebswelle kann es sich beispielsweise um eine Kurbelwelle oder um eine Nockenwelle der Brennkraftmaschine handeln.

[0004] Um die von der zweiten Kraftstoffpumpe in die Kraftstoff-Sammelleitung geförderte Kraftstoffmenge unabhängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine einstellen zu können, ist ein elektromagnetisches Druckschaltventil vorgesehen. Mit diesem kann eine Druckseite der zweiten Kraftstoffpumpe mit einer Niederdruckseite der zweiten Kraftstoffpumpe verbunden werden. In einer anderen Schaltstellung des Druckschaltventils ist diese Verbindung unterbrochen. Ist die Verbindung zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruckseite geöffnet, wälzt die zweite Kraftstoffpumpe den Kraftstoff von ihrer Hochdruckseite auf die Niederdruckseite. Eine Förderung in die Kraftstoff-Sammelleitung findet also nicht statt.

[0005] Um eine kleine Kraftstoffmenge zu fördern, darf das Mengensteuerventil während eines Förder-

hubs der Kraftstoffpumpe nur während eines sehr kurzen Zeitraums geschlossen sein. Aufgrund der Massenträgheit des Ventilelements und des für den Abbau des Magnetfelds minimal erforderlichen Zeitraums öffnet das Ventilelement nicht beliebig schnell. Sehr kleine Fördermengen können daher nur mit vergleichsweise großen Ventilsitzen realisiert werden.

[0006] Diese erfordern aber einen entsprechend groß dimensionierten Magnetkreis, der wiederum relativ träge ist.

[0007] Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass einerseits robuste Komponenten verwendet werden können, welche eine lange Lebensdauer aufweisen, und dass andererseits der Einstellbereich der von der Kraftstoffpumpe in die Kraftstoff-Sammelleitung geförderten Kraftstoffmenge möglichst groß ist. Außerdem soll möglichst exakt jene Kraftstoffmenge nachgefordert werden können, die eingespritzt wird, und der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung soll möglichst exakt eingestellt werden können.

[0008] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass als Kraftstoffpumpe eine Kolbenpumpe mit mindestens einem Förderraum verwendet wird, dass eine Mehrzahl von Betriebsbereichen 1, ..., n der Brennkraftmaschine vorgesehen ist, und dass wenigstens zeitweise in einem ersten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine der Förderraum während jedes c1-ten Förderhubs und in einem n-ten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine während jedes cn-ten Förderhubs durch die Ventileinrichtung für eine bestimmte Dauer vom Niederdruckbereich getrennt wird, wobei gilt: c1, ..., cn sind unterschiedlich.

### Vorteile der Erfindung

[0009] Die Verwendung einer Kolbenpumpe als Kraftstoffpumpe hat den Vorteil, dass sehr hohe Drücke in der Kraftstoff-Sammelleitung bei gleichzeitig geringem Verschleiß der Kraftstoffpumpe erzielbar sind. Dabei baut eine Kolbenpumpe sehr einfach und ist daher preiswert. Dies gilt insbesondere für die Verwendung einer 1-Zylinder-Kolbenpumpe.

[0010] Trotz des Einsatzes einer Kolbenpumpe können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren je nach Anforderung sehr große, aber auch kleine und kleinste Kraftstoffmengen zur Kraftstoff-Sammelleitung hin gefördert werden. Ein Überdruck-Rücklauf von der Kraftstoff-Sammelleitung kann somit relativ klein dimensioniert werden, und die für den Antrieb der Kraftstoffpumpe erforderliche Energie ist dann, wenn nur wenig Kraftstoff in die Kraftstoff-Sammelleitung gefördert werden soll, nur relativ gering. Dem liegt folgender Gedanke zugrunde:

[0011] Eine Kolbenpumpe arbeitet diskontinuierlich, d.h. es kann nur während eines Förderhubs der Kraftstoffpumpe Kraftstoff in die Kraftstoff-Sammelleitung



gepresst werden. Soll die maximale Kraftstoffmenge von der Kraftstoffpumpe gefördert werden, bleibt die Ventileinrichtung während des gesamten Förderhubs geschlossen. Das Kraftstoff-Fördervolumen wird somit vollständig in die Kraftstoff-Sammelleitung gepresst. Soll eine geringere Menge an Kraftstoff in die Kraftstoff-Sammelleitung gefördert werden, wird während eines Förderhubs die Ventileinrichtung geöffnet. Sobald die Ventileinrichtung geöffnet ist, wird das verbleibende Fördervolumen nicht mehr in die Kraftstoff-Sammelleitung, sondern in den Niederdruckbereich gefördert.

**[0012]** Problematisch ist die Förderung von Klein- und Kleinstmengen von Kraftstoff in die Kraftstoff-Sammelleitung. Eine derartige Kleinstmengenförderung ist beispielsweise dann wünschenswert, wenn die Brennkraftmaschine und die mit ihr gekoppelte Kraftstoffpumpe mit hoher Drehzahl drehen, die Brennkraftmaschine jedoch nur mit geringer Last betrieben wird und somit nur wenig Kraftstoff aus der Kraftstoff-Sammelleitung in die Brennräume gelangt. In diesem Fall sollte bei einem Förderhub der Kraftstoffpumpe nur eine äußerst geringe Kraftstoffmenge in die Kraftstoff-Sammelleitung nachgefördert werden.

**[0013]** Dies wird erfindungsgemäß folgendermaßen realisiert:

**[0014]** Wird die Brennkraftmaschine in einem Betriebsbereich betrieben, in dem die Kraftstoffpumpe nur eine geringe Kraftstoffmenge fördern soll, und liegt eine relativ gesehen hohe Drehzahl der Brennkraftmaschine vor, wird die Ventileinrichtung nicht bei jedem Förderhub, sondern nur bei jedem  $n$ -ten Förderhub angesteuert. Auf diese Weise kann der Zeitraum, während dem die Ventileinrichtung geschlossen ist, länger sein als in jenem Fall, in dem die Ventileinrichtung während eines jeden Förderhubs geschlossen wird. Gleichzeitig ist jedoch auch die Förderung von Kleinstmengen durch die Kraftstoffpumpe bei einer solchermaßen betriebenen Brennkraftmaschine möglich. Dies ist allein durch "softwaretechnische" Maßnahmen möglich.

**[0015]** Eine weniger häufige Ansteuerung der Ventileinrichtung wird gewählt, wenn die Darstellung der gewünschten Fördermenge aufgrund der systembedingten Grenzen der Ventileinrichtung nicht mehr möglich ist. Diese systembedingten Grenzen sind dann erreicht, wenn ein sicheres Schließen der Ventileinrichtung aufgrund der nur kurzen zur Verfügung stehenden Zeit nicht mehr gewährleistet ist. Die Ansteuerung der Ventileinrichtung muss aber noch so häufig erfolgen, dass die maximal zulässigen Druckpulsationen einerseits im Niederdruckbereich und andererseits in der Kraftstoff-Sammelleitung nicht überschritten werden.

**[0016]** Grundsätzlich gilt, dass  $c_i$  ( $i = 1$  bis  $n$ ) jede natürliche Zahl einschließlich 0 annehmen kann. Bei  $c_i = 0$  bleibt das Mengensteuerventil immer geöffnet, es findet also überhaupt keine Förderung statt. Bei  $c_i = 1$  findet bei jedem Förderhub eine Förderung statt. Bei  $c_i > 1$  wird gefördert, jedoch nicht bei jedem Förderhub.

**[0017]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung

sind in Unteransprüchen angegeben.

**[0018]** Zunächst wird vorgeschlagen, dass zwei Betriebsbereiche der Brennkraftmaschine vorgesehen sind und dass in dem ersten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine der Förderraum bei jedem Förderhub und in dem zweiten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine der Förderraum bei jedem dritten Förderhub durch die Ventileinrichtung vom Niederdruckbereich getrennt wird. Der Vorteil dieser Weiterbildung liegt zum einen in der einfachen softwaretechnischen Realisierbarkeit, da nur zwei Betriebsbereiche berücksichtigt werden müssen. Zum anderen sind mit einer Ansteuerung der Ventileinrichtung nur bei jedem dritten Förderhub auch solche Kleinst-Fördermengen der Kraftstoffpumpe darstellbar, wie sie insbesondere bei hohen Drehzahlen und geringer Last einer Brennkraftmaschine gewünscht werden.

**[0019]** Besonders bevorzugt ist ein solches Verfahren, bei dem zwei benachbarte Betriebsbereiche sich so überlappen, dass ein Hysteresebereich gebildet wird. Hierdurch wird vermieden, dass bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine im Grenzbereich zwischen zwei benachbarten Betriebsbereichen eine ständige Umschaltung von einer Ansteuerart der Ventileinrichtung in eine andere Ansteuerart erfolgt.

**[0020]** Ferner wird vorgeschlagen, dass die Betriebsbereiche der Brennkraftmaschine mindestens durch einen Drehzahlbereich einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine und durch einen Bereich einer bei einer Einspritzung von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in einen Brennraum einzubringenden Kraftstoffmasse oder durch einen Bereich eines in der Kraftstoff-Sammelleitung herrschenden Kraftstoffdrucks definiert sind. Mit diesen Parametern und den bekannten Systemeigenschaften der Kraftstoffpumpe lassen sich leicht jene Bereiche festlegen, in denen die Ansteuerung der Ventileinrichtung beispielsweise bei jedem Förderhub bzw. bei jedem dritten Förderhub erfolgen soll.

**[0021]** Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm, welches zur Durchführung des obigen Verfahrens geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird. Dabei wird besonders bevorzugt, wenn das Computerprogramm auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory, abgespeichert ist.

**[0022]** Ferner betrifft die Erfindung ein Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Bei einem solchen Steuer- und Regelgerät wird bevorzugt, wenn auf ihm ein Computerprogramm der obigen Art abgespeichert ist.

**[0023]** Teil der Erfindung ist auch eine Brennkraftmaschine, mit einer Kraftstoffpumpe, welche von einer Abtriebswelle der Brennkraftmaschine angetrieben wird, mit einer Kraftstoff-Sammelleitung, in die die Kraftstoffpumpe fördert, mit einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche an die Kraftstoff-Sammelleitung angeschlossen ist, mit einem Brennraum, in den die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung den Kraftstoff einspritzt, und mit einer Ventileinrichtung, welche eine Druckseite der Kraftstoff-



pumpe mit einem Niederdruckbereich verbinden und von diesem trennen kann.

[0024] Auch eine solche Brennkraftmaschine ist aus der

DE 195 39 885 A1 bekannt. Damit eine solche Brennkraftmaschine möglichst robust baut und preiswert hergestellt werden kann, wird vorgeschlagen, dass die Kraftstoffpumpe eine Kolbenpumpe mit mindestens einem Förderraum umfasst, und dass die Brennkraftmaschine ein Steuer- und/oder Regelgerät umfasst, welches eine Mehrzahl von Betriebsbereichen 1, ..., n der Brennkraftmaschine der Brennkraftmaschine erkennt und welches die Ventileinrichtung so ansteuert, dass wenigstens zeitweise in einem ersten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine der Förderraum bei jedem c1-ten Förderhub und in einem n-ten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine bei jedem cn-ten Förderhub durch die Ventileinrichtung für eine bestimmte Zeitdauer vom Niederdruckbereich getrennt wird, wobei gilt: c1, ..., cn sind unterschiedlich.

[0025] Bei einer solchen Brennkraftmaschine ist es ferner vorteilhaft, wenn sie ein Steuer- und/oder Regelgerät der obigen Art umfasst.

#### Zeichnung

[0026] Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1: eine Prinzipdarstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffpumpe und einem Mengensteuerventil;
- Fig. 2: eine detailliertere Darstellung der Kraftstoffpumpe und des Mengensteuerventils von Fig. 1 während eines Saughubes;
- Fig. 3: eine Darstellung ähnlich Fig. 2 zu Beginn eines Förderhubes;
- Fig. 4: eine Darstellung ähnlich Fig. 2 gegen Ende eines Förderhubes;
- Fig. 5: ein Diagramm, in dem zwei Betriebsbereiche der Brennkraftmaschine von Fig. 1 abhängig von dem von der Kraftstoffpumpe zu fördernden Kraftstoff-Mengenstrom und von der Drehzahl einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine dargestellt sind;
- Fig. 6: ein Diagramm, in dem die Betriebsbereiche der Brennkraftmaschine von Fig. 1 abhängig von einem Druck in einer Kraftstoff-Sammelleitung und der Drehzahl einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine dargestellt sind.

Fig. 7: ein Diagramm, in dem der Hub eines Kolbens der Kraftstoffpumpe von Fig. 1 über der Zeit im ersten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine dargestellt ist;

Fig. 8: ein Diagramm, in dem der Steuerstrom des Mengensteuerventils von Fig. 1 in dem ersten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine dargestellt ist;

Fig. 9: ein Diagramm ähnlich Fig. 7, in dem der Hub eines Kolbens der Kraftstoffpumpe von Fig. 1 über der Zeit im zweiten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine dargestellt ist; und

Fig. 10: ein Diagramm ähnlich Fig. 8, in dem die Bestromung des Mengensteuerventils von Fig. 1 in dem zweiten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine dargestellt ist.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0027] In Fig. 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst einen Kraftstoffbehälter 12, aus dem eine elektrisch angetriebene Kraftstoffpumpe 14 den Kraftstoff in eine Niederdruck-Kraftstoffleitung 16 fördert. Diese führt zu einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18. Über eine Hochdruck-Kraftstoffleitung 20 gelangt der Kraftstoff weiter zu einer Kraftstoff-Sammelleitung 22. In dieser ist der Kraftstoff unter hohem Druck speicherbar. An die Kraftstoff-Sammelleitung 22 sind mehrere Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 24 angeschlossen. Diese spritzen den Kraftstoff direkt in Brennräume 26 ein. Durch die Verbrennung des Kraftstoffs in den Brennräumen 26 wird eine Kurbelwelle 28 in Drehung versetzt. Über eine in Fig. 1 nur symbolisch dargestellte mechanische Kopplung 30 wird die Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 von der Kurbelwelle 28 angetrieben.

[0028] Wie insbesondere aus den Fig. 2 - 4 ersichtlich ist, handelt es sich bei der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 um eine 1-Zylinder-Kolbenpumpe. Bei dieser wird von einem auf einer Welle 33 angeordneten Antriebsnocken 32 ein Kolben 34 in eine Hin- und Herbewegung versetzt. Der Kolben 34 ist in einem Gehäuse 36 geführt. Er begrenzt einen Förderraum 38. Über ein Einlassventil 40 kann der Förderraum 38 mit der Niederdruck-Kraftstoffleitung 16 verbunden werden. Das Einlassventil 40 ist als federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet. Über ein Auslassventil 42 kann der Förderraum 38 mit der Hochdruck-Kraftstoffleitung 20 verbunden werden. Auch beim Auslassventil 42 handelt es sich um ein federbelastetes Rückschlagventil.

[0029] Der Förderraum 38 kann ferner über ein Mengensteuerventil 44 mit der Niederdruck-Kraftstoffleitung 16 verbunden werden. Beim Mengensteuerventil 44 handelt es sich um ein 2/2-Schaltventil. In die geöffnete Ruhestellung wird es von einer Feder 46 beaufschlagt



(in einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt die Öffnung des Mengensteuerventils auch nur über den Druck im Förderraum). In die geschlossene Schaltstellung wird es von einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung 48 gebracht. Diese umfasst einen mit einem Ventilelement 50 verbundenen Magnetanker 52, welcher von einer Magnetspule 54 umgeben ist.

[0030] Die Magnetspule 54 wird von einer nicht dargestellten Endstufe bestromt. Die Endstufe wiederum wird von einem Steuer- und Regelgerät 56 angesteuert. Das Steuer- und Regelgerät 56 erhält Signale von einem Drehzahlsensor 58, welcher die Drehzahl der Kurbelwelle 28 der Brennkraftmaschine 10 abgreift. Ferner ist das Steuer- und Regelgerät 56 eingangsseitig mit einem Drucksensor 60 verbunden, welcher den in der Kraftstoff-Sammelleitung 22 herrschenden Druck erfasst und entsprechende Signale an das Steuer- und Regelgerät 56 leitet.

[0031] Das Grundprinzip der Einstellung der von der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 geförderten Kraftstoffmenge wird nun unter Bezugnahme auf die Fig. 2 - 4 erläutert:

[0032] Während des in Fig. 2 dargestellten Saughubs bewegt sich der Kolben 34 nach unten, so dass Kraftstoff über das Einlassventil 40 in den Förderraum 38 strömt. Nach dem Erreichen des unteren Totpunkts bewegt sich der Kolben 34 wieder nach oben (Fig. 3). Während des Saughubs des Kolbens 34 wird die Magnetspule 54 des Mengensteuerventils 44 bestromt, so dass dieses spätestens mit dem Erreichen des unteren Totpunkts des Kolbens 34 schließt. Auch das Einlassventil 40 schließt.

[0033] Wenn während des Förderhubs des Kolbens 34 der Öffnungsdruck des Auslassventils 42 im Förderraum 38 überschritten wird, öffnet dieses. Der Kraftstoff kann so in die Kraftstoff-Sammelleitung 22 gepresst werden. Soll während eines Förderhubs des Kolbens 34 die Förderung von Kraftstoff in die Kraftstoff-Sammelleitung 22 beendet werden, wird die Bestromung der Magnetspule 54 des Mengensteuerventils 44 beendet, so dass dieses wieder in seine geöffnete Ruhestellung schaltet. Dies ist in Fig. 4 dargestellt. Der Kraftstoff kann somit aus dem Förderraum 38 über das geöffnete Mengensteuerventil 44 in die Niederdruck-Kraftstoffleitung 16 entweichen. Entsprechend schließt auch das Auslassventil 42.

[0034] Die maximal während eines Förderhubs des Kolbens 34 förderbare Kraftstoffmenge ist im Wesentlichen unabhängig von der Drehzahl der Kurbelwelle 28 und der damit zusammenhängenden Dauer eines Förderhubs. Allerdings sinkt die absolute Dauer eines Förderhubs umgekehrt proportional mit der Drehzahl der Kurbelwelle 28. Soll nun beispielsweise nur ein Drittel der maximal möglichen Fördermenge während eines Förderhubs von der Kraftstoffpumpe 18 gefördert werden, bedeutet dies, dass das Mengensteuerventil 44 näherungsweise in etwa nach einem Drittel des Hubs des

Kolbens 34 öffnen muss ("näherungsweise" deshalb, weil die Fördermenge nicht proportional zum Förderhub und zur Ansteuerdauer des Mengensteuerventils ist). Der Zeitraum, welcher vom unteren Totpunkt des Kolbens 34, in dem das Mengensteuerventil 44 spätestens schließt, bis zu dem erforderlichen Öffnungszeitpunkt des Mengensteuerventils 44 verstreicht, ist, bei einer angenommenen gleichen zu fördernden Kraftstoffmenge, bei hoher Drehzahl kürzer als bei geringer Drehzahl.

[0035] Um bei der in Fig. 1 dargestellten Brennkraftmaschine 10 im gesamten Drehzahlbereich der Kurbelwelle 28 große Kraftstoffmengen ebenso wie Klein- und Kleinstkraftstoffmengen von der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 fördern zu können, wird abhängig vom Betriebsbereich, in dem die Brennkraftmaschine 10 arbeitet, der Förderraum 38 während jedes ci-ten Förderhubs für eine bestimmte Dauer durch das Mengensteuerventil 44 von der Niederdruck-Kraftstoffleitung getrennt. Dabei gilt im vorliegenden Ausführungsbeispiel in einem ersten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine 10  $ci = 1$  (Förderung bei jedem Förderhub) und in einem zweiten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine 10  $ci = 3$  (Förderung bei jedem dritten Förderhub). Dies wird nun anhand der Figuren 5 bis 10 erläutert:

[0036] In einem Speicher im Steuer- und Regelgerät 56 sind Parameter abgelegt, durch die zwei Betriebsbereiche der Brennkraftmaschine 10 definiert werden. Bei diesen Parametern handelt es sich zum einen um eine Drehzahl  $n_{mot}$  der Kurbelwelle 28 der Brennkraftmaschine 10, zum anderen um die von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 24 bei einer Einspritzung einzuspritzende Kraftstoffmasse  $m$  und schließlich noch um den aktuellen in der Kraftstoff-Sammelleitung 22 herrschenden Kraftstoffdruck  $p_r$ . In den Fig. 5 und 6 tragen die beiden Betriebsbereiche die Bezugszeichen 62 und 64.

[0037] Im Betriebsbereich 62, bei also insgesamt eher niedriger und mittlerer Drehzahl  $n_{mot}$  und bei einer mittleren bis hohen einzuspritzenden Kraftstoffmasse  $m$  bzw. bei einem mittleren bis hohen Druck  $p_r$  in der Kraftstoff-Sammelleitung 22, wird die Magnetspule 54 kurz vor Beginn eines jeden Förderhubs für einen bestimmten Zeitraum bestromt. Dies ist in den Figuren 7 und 8 dargestellt. Hierdurch wird gewährleistet, dass das Mengensteuerventil 44 zu Beginn des Förderhubs auch wirklich geschlossen ist. Ein Förderhub trägt in Fig. 7 das Bezugszeichen 66, die entsprechenden Stromimpulse in Fig. 8 die Bezugszeichen 68. Dies bedeutet, dass der Förderraum 38 während eines jeden Förderhubs 66 für eine bestimmte Dauer von der Niederdruck-Kraftstoffleitung 16 getrennt ist, also bei jedem Förderhub 66 eine Förderung von Kraftstoff stattfindet.

[0038] Dabei sei darauf hingewiesen, dass die Bestromung des Mengensteuerventils 44 ggf. bereits unmittelbar vor Beginn eines Förderhubs 66 auch wieder beendet werden kann. Bei geeigneter zeitlicher Positionierung erfolgt dennoch, unter anderem aufgrund der Massenträgheit, ein verzögertes Öffnen unmittelbar nach Beginn des Förderhubs. Eine solche Verschie-



bung des Ansteuerendes des Mengensteuerventils 44 ermöglicht einen Abbau des durch die Bestromung aufgebauten Restmagnetismus, der nach dem Abschalten des Mengensteuerventils 44 vorliegt.

[0039] Im Betriebsbereich 64 dagegen, also bei mittlerer bis hoher Drehzahl  $n_{mot}$ , bei mittlerer bis geringer einzuspritzender Kraftstoffmasse  $m$  und bei mittleren bis geringen Kraftstoffdrücken  $p_r$  in der Kraftstoff-Sammelleitung 22, wird die Magnetspule 54 dagegen nur bei jedem dritten Förderhub 66 bestromt. Dies ist in den Fig. 9 und 10 dargestellt. Bei den dazwischen liegenden beiden Förderhüben 66 verbleibt das Mengensteuerventil 44 in diesem Betriebsbereich 64 der Brennkraftmaschine 10 in seiner geöffneten Ruhestellung. Eine Förderung von Kraftstoff durch die Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 findet bei diesen beiden Förderhüben 66 also nicht statt. Auf diese Weise ist es möglich, auch bei hoher Drehzahl  $n_{mot}$  nur eine sehr kleine Kraftstoffmenge von der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 pro Zeiteinheit zu fördern, ohne dass die minimal mögliche Schließzeit des Mengensteuerventils 44 unterschritten wird.

[0040] Um zu verhindern, dass bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine 10 im Grenzbereich zwischen den beiden Betriebsbereichen 62 und 64 ständig zwischen der in Fig. 8 dargestellten Bestromung 68 der Magnetspule 54 bei jedem Förderhub 66 und der in Fig. 10 dargestellten Bestromung 68 der Magnetspule 54 nur bei jedem dritten Förderhub 66 hin- und hergeschaltet wird, sind die Betriebsbereiche 62 und 64 im Steuer- und Regelgerät 56 so abgelegt, dass sie sich überlappen. Hierdurch wird ein Hysteresebereich 70 geschaffen. Eine Umschaltung der Ansteuerung des Mengensteuerventils 44 von der in Fig. 8 dargestellten Ansteuerung auf die in Fig. 10 dargestellte Ansteuerung erfolgt erst, wenn der Betriebsbereich 62 verlassen wird (Pfeil 72 in den Fig. 5 und 6). Ein Umschalten von der in Fig. 10 dargestellten Ansteuerung auf die in Fig. 8 dargestellte Ansteuerung des Mengensteuerventils 44 erfolgt wiederum erst dann, wenn der Betriebsbereich 64 verlassen wird (Pfeil 74 in den Fig. 5 und 6).

[0041] Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Realisierung auch kleinster Fördermengen bei hohen Drehzahlen  $n_{mot}$  der Brennkraftmaschine 10 ausschließlich durch eine entsprechende Software-Programmierung des Steuer- und Regelgeräts 56 ermöglicht wird. Ob die Brennkraftmaschine 10 aktuell im Betriebsbereich 62 oder im Betriebsbereich 64 arbeitet, wird durch einen Vergleich der vom Drehzahlsensor 58 und vom Drucksensor 60 bereitgestellten Signale sowie der im Steuer- und Regelgerät 56 abhängig von der gewünschten Last ermittelten einzuspritzenden Kraftstoffmenge mit den im Steuer- und Regelgerät 56 abgespeicherten Parameterbereichen bestimmt.

#### Patentansprüche

##### 1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

(10), bei dem eine Kraftstoffpumpe (18) von einer Abtriebswelle (28) der Brennkraftmaschine (10) angetrieben und der Kraftstoff von der Kraftstoffpumpe (18) in eine Kraftstoff-Sammelleitung (22) gefördert wird, von der er über mindestens eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) in mindestens einen Brennraum (26) gelangt, und bei dem die Menge ( $m$ ) des von der Kraftstoffpumpe (18) in die Kraftstoff-Sammelleitung (22) geförderten Kraftstoffs durch eine Ventileinrichtung (44) eingestellt wird, welche eine Druckseite (38) der Kraftstoffpumpe (18) wenigstens zeitweise mit einem Niederdruckbereich (16) verbinden und von diesem trennen kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Kraftstoffpumpe eine Kolbenpumpe (18) mit mindestens einem Förderraum (38) verwendet wird, dass eine Mehrzahl von Betriebsbereichen 1, ..., n (62, 64) der Brennkraftmaschine (10) vorgesehen ist, und dass wenigstens zeitweise in einem ersten Betriebsbereich (62) der Brennkraftmaschine (10) der Förderraum (38) während jedes  $c_1$ -ten Förderhubs (66) und in einem  $n$ -ten Betriebsbereich (64) der Brennkraftmaschine (10) während jedes  $c_n$ -ten Förderhubs (66) durch die Ventileinrichtung (44) für eine bestimmte Dauer vom Niederdruckbereich (16) getrennt wird, wobei gilt:  $c_1$ , ...,  $c_n$  sind unterschiedlich.

2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Betriebsbereiche (62, 64) der Brennkraftmaschine (10) vorgesehen sind und dass in dem ersten Betriebsbereich (62) der Brennkraftmaschine (10) der Förderraum (38) bei jedem Förderhub (66) und in dem zweiten Betriebsbereich (64) der Brennkraftmaschine (10) der Förderraum (38) bei jedem dritten Förderhub (66) durch die Ventileinrichtung (44) vom Niederdruckbereich (16) getrennt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei benachbarte Betriebsbereiche (62, 64) sich so überlappen, dass ein Hysteresebereich (70) gebildet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsbereiche (62, 64) der Brennkraftmaschine (10) mindestens durch einen Drehzahlbereich ( $n_{mot}$ ) einer Kurbelwelle (28) der Brennkraftmaschine (10) und durch einen Bereich einer bei einer Einspritzung von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) in einen Brennraum (26) einzubringenden Kraftstoffmasse ( $m$ ) oder durch einen Bereich eines in der Kraftstoff-Sammelleitung (22) herrschenden Kraftstoffdrucks ( $p_r$ ) definiert sind.

5. Computerprogramm, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zur Durchführung des Verfahrens nach ei-



nem der vorhergehenden Ansprüche geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird.

6. Computerprogramm nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** es auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory, abgespeichert ist. 5
7. Steuer- und/oder Regelgerät (56) zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm nach einem der Ansprüche 5 oder 6 abgespeichert ist. 10
8. Brennkraftmaschine (10), mit einer Kraftstoffpumpe (18), welche von einer Abtriebswelle (28) der Brennkraftmaschine (10) angetrieben wird, mit einer Kraftstoff-Sammelleitung (22), in die die Kraftstoffpumpe (18) fördert, mit einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24), welche an die Kraftstoff-Sammelleitung (22) angeschlossen ist, mit einem Brennraum (26), in den die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (24) den Kraftstoff einspritzt, und mit einer Ventileinrichtung (44), welche eine Druckseite (34) der Kraftstoffpumpe (18) mit einem Niederdruckbereich (16) verbinden und von diesem trennen kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftstoffpumpe eine Kolbenpumpe (18) mit mindestens einem Förderraum (38) umfasst, und dass die Brennkraftmaschine (10) ein Steuer- und/oder Regelgerät (56) umfasst, welches eine Mehrzahl von Betriebsbereichen 1, ..., n (62, 64) der Brennkraftmaschine (10) erkennt und welches die Ventileinrichtung (44) so ansteuert, dass wenigstens zeitweise in einem ersten Betriebsbereich (62) der Brennkraftmaschine (10) der Förderraum (34) bei jedem c1-ten Förderhub (66) und in einem n-ten Betriebsbereich (64) der Brennkraftmaschine (10) bei jedem cn-ten Förderhub (68) durch die Ventileinrichtung (44) für eine bestimmte Zeitdauer vom Niederdruckbereich (16) getrennt wird, wobei gilt: c1, ..., cn sind unterschiedlich. 15  
20  
25  
30  
35  
40
9. Brennkraftmaschine (10) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Steuer- und/oder Regelgerät (56) nach Anspruch 7 umfasst. 45

50

55



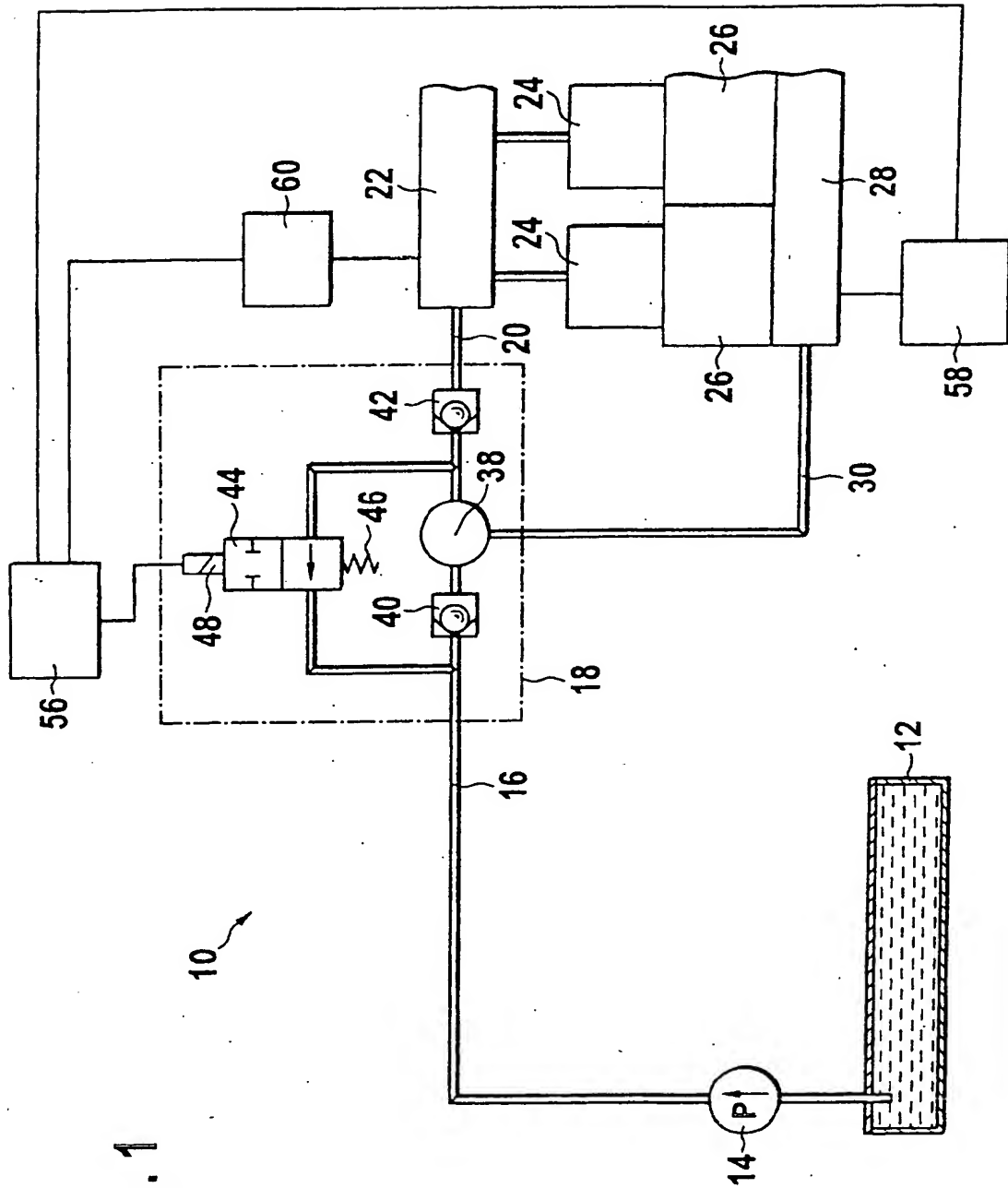


Fig. 1



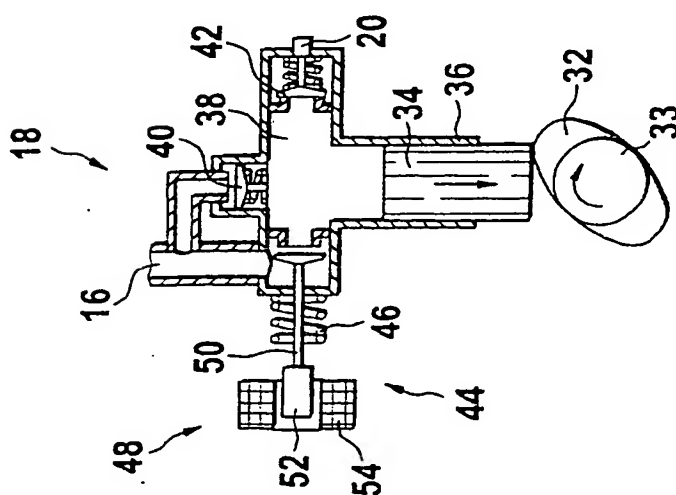
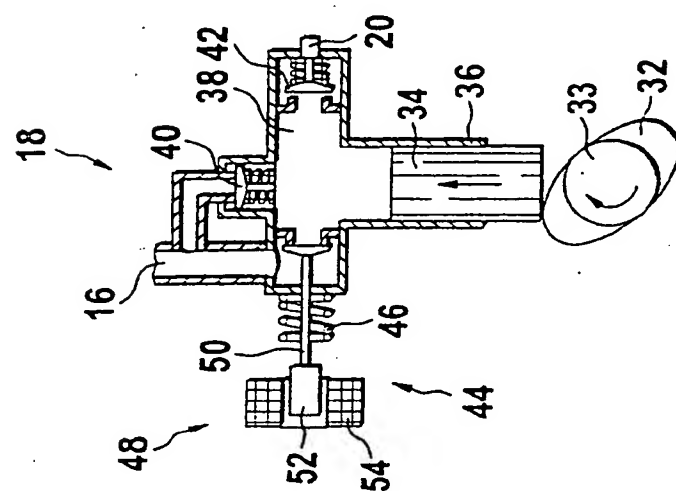
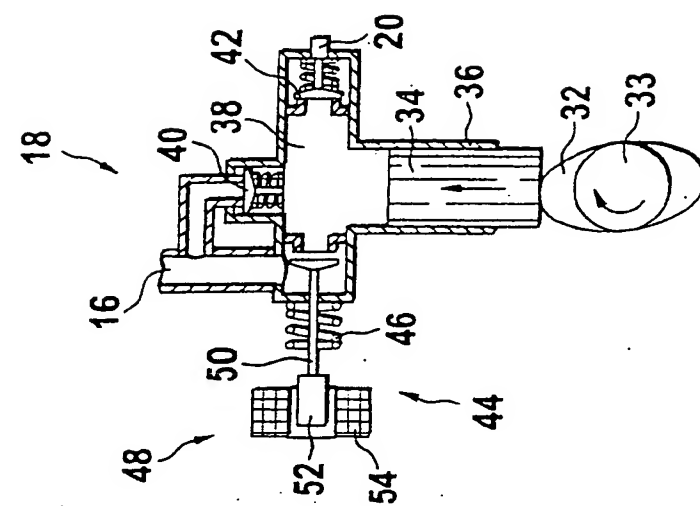




Fig. 5

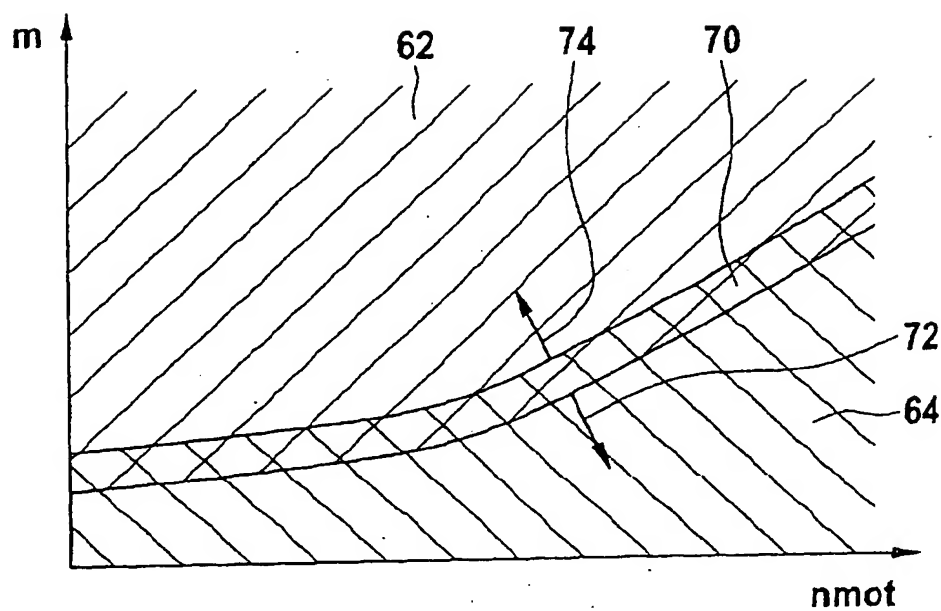


Fig. 6

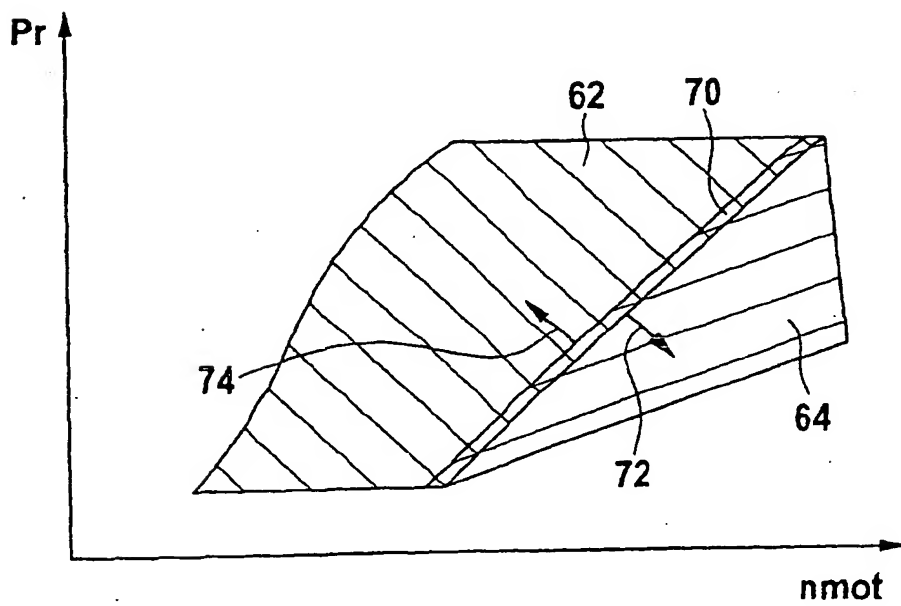




Fig. 7

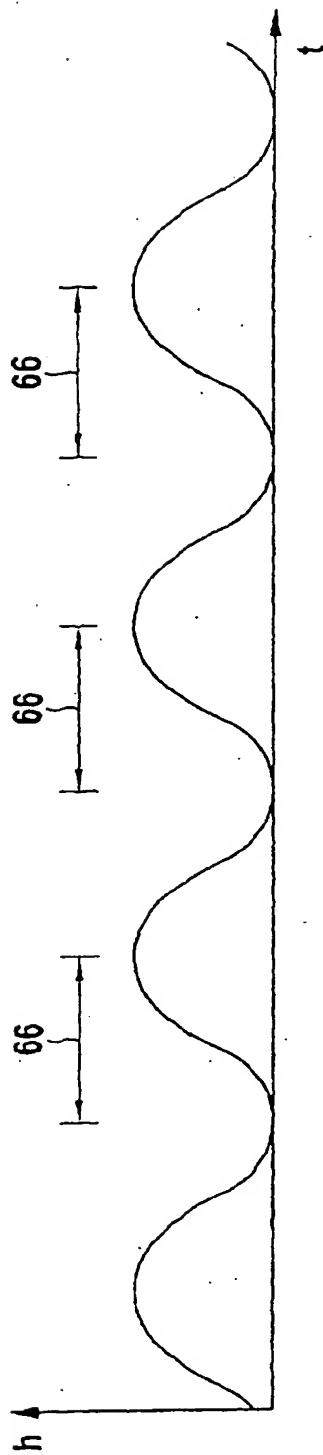


Fig. 8

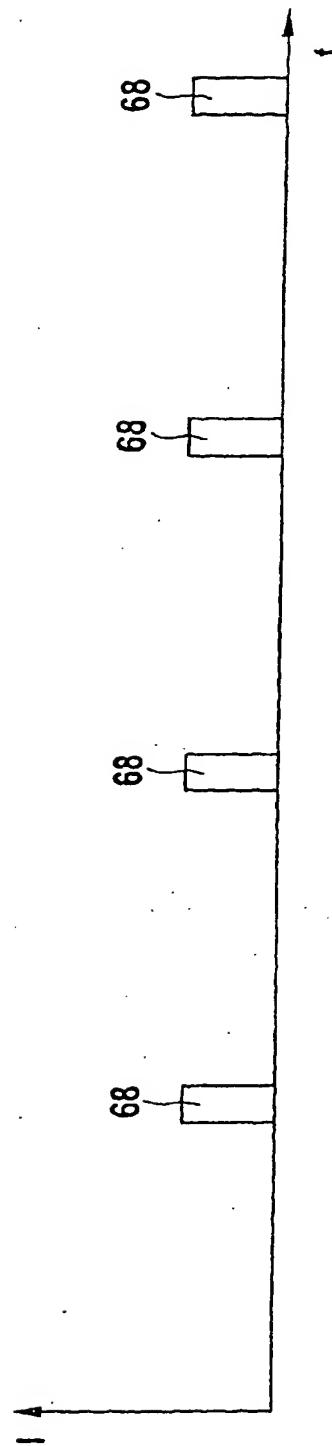




Fig. 9

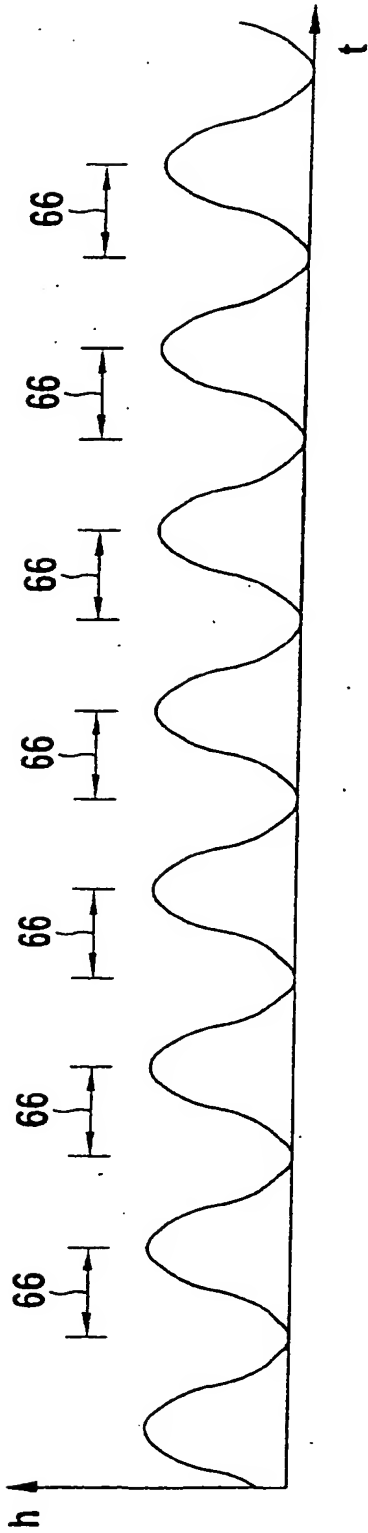


Fig. 10

